

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2013

MICHAELA JEŽKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

SENDVIČOVÉ MATRACE
Z POLYURETANOVÝCH PĚN

POLYURETHANE FOAM SANDWICH
MATTRESSES

Michaela Ježková

KHT-926

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Hana Pařilová, PhD.

Rozsah práce:

Počet stran textu ...33

Počet obrázků20

Počet tabulek7

Počet stran příloh...5

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michaela Ježková**
Osobní číslo: **T10000222**
Studijní program: **B3107 Textil**
Studijní obor: **Textilní marketing**
Název tématu: **Sendvičové matrace z polyuretanových pěn**
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Provedte rešerši o měření tlaků působících na tělo ležícího člověka
2. Provedte měření odporu proti stlačení na vybraných vzorcích polyuretanových pěn
3. Vyhodnoťte rozdíly odporu proti stlačení u vybraných typů sendvičů

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Řezníčková, A., Prokopová, H. Postele &ložnice. Praha : Grada, 2006, ISBN 80-247-0645-8

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Hana Pařilová, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

Datum zadání bakalářské práce:

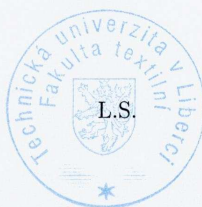
31. října 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

27. května 2013



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka



Ing. Vladimír Bažžík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2012

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych velmi ráda poděkovala mé vedoucí bakalářské práce, paní Ing. Haně Pařilové, Ph.D., za odbornou pomoc, cenné rady, připomínky a trpělivost při vypracování této práce.

Dále bych ráda poděkovala panu Ing. Bc. Ondřeji Novákovi, Ph.D. za odborné rady při zpracování experimentální části práce.

Zároveň bych chtěla velmi poděkovat celé své rodině za podporu a pomoc během mého studia.

ANOTACE

Porovnání různých typů skladby sendvičových matrací z polyuretanových pěn z hlediska odporu proti stlačení. Ze zdrojů informací byla zjištěna maximální hodnota tlaku nezpůsobující proleženiny. Pro stanovení odporu proti stlačení byla vytvořena metoda měření, která byla založena na změření odporu proti stlačení a vtlačení a na výpočtu faktoru komfortu z naměřených deformačních křivek. V závěru byly porovnány naměřené výsledky jednotlivých typů sendvičových skladeb.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Faktor komfortu, odpor proti stlačení, odpor proti vtlačení, napětí, deformace

ANNOTATION

A comparison of various types of structure composition of sandwich polyurethane foam mattresses in terms of their resistance to compression. The magnitude of maximum compressive pressure that does not cause deformation due to sagging was determined from literature. A method for measuring resistance to compression was set up which was based on measuring resistance to compression and impression and on calculating the comfort factor from measured deformation curves. In concluding, the results measured for the various types of sandwich structures were compared.

KEY WORDS:

Comfort factor, compression resistance, impression resistance, stress, deformation

Seznam zkratk a symbolů

CC	odpor proti stlačení (compression stress/strain characteristic)
CV ₄₀	napětí v tlaku (compression stress value)
EEG	elektroencefalograf
FK	faktor komfortu
HR	studená pěna (High Resilience)
PUR	polyuretan
PVC	polyvinylchlorid
REM	rychlé pohyby očí (Rapid Eyes Movement)

Seznam jednotek

A	[mm ²]	plocha
d	[mm]	výška při deformaci
d ₀	[mm]	počáteční výška
ε	[%]	relativní deformace
F	[N]	síla
ρ	[kg/m ³]	hustota, objemová hmotnost
P	[Pa, mm Hg]	tlak
S	[m ²]	plocha stlačovací čelisti

Obsah

ÚVOD	9
1. TEORETICKÁ ČÁST	10
1.1 Podpora těla při odpočinku	10
1.1.1 Ergonomie	10
1.1.2 Spánek	12
1.1.3 Proleženiny	13
1.1.4 Hodnoty tlaku při ležení	14
1.2 Matrace	15
1.3 Pěny	18
1.3.1 Studená pěna (HR)	18
1.3.2 Pojený polyuretan	19
1.3.3 Líná pěna	20
1.3.4 Pěnová pryž (latex)	20
1.4 Měření tlaku	22
1.4.1 Stanovení tvrdosti vtlačováním	23
1.4.2 Stanovení odporu proti stlačení	24
1.4.3 Měření tlaků působících na tělo člověka při ležení	24
2. PRAKTICKÁ ČÁST	27
2.1 Použitá metoda měření	27
2.1.1 Stanovení odporu proti stlačení	27
2.1.2 Stanovení tvrdosti vtlačováním	28
2.2 Postup měření	29
2.3 Zpracování dat	30
2.3.1 Stanovení odporu proti stlačení	30
2.3.2 Stanovení tvrdosti vtlačováním	34
2.4 Vyhodnocení měření	35
ZÁVĚR	38
SEZNAM LITERATURY	40
SEZNAM OBRÁZKŮ	42
SEZNAM TABULEK	42
SEZNAM PŘÍLOH	43

ÚVOD

Velké množství firem na trhu matrací nutí jednotlivé výrobce stále zdokonalovat své výrobky, zlepšovat jejich funkční vlastnosti nebo vyvíjet nové typy matrací a tím se co nejvýrazněji odlišit od ostatních výrobců na trhu. Stejně tak široký sortiment matrací nutí i zákazníky mnohem více přemýšlet při výběru typu matrace o jejích vlastnostech. Toto rozhodování je ještě značně ztížené reklamními kampaněmi jak výrobců, tak i prodejců. Z tohoto důvodu se snad každý výrobce snaží zákazníky přesvědčovat o výjimečnosti vlastní produkce a to i na základě různých testů a certifikátů, které mají zákazníky přesvědčit o unikátnosti nabízeného zboží.

Jedna z výrobních firem, která se snaží rozšiřovat okruh svých zákazníků právě pomocí vývoje a zdokonalování svých výrobků i na základě spolupráce s Technickou univerzitou v Liberci, poskytla vzorky různých skladeb sendvičových matrací z polyuretanových pěn k posouzení. Dva vzorky byly pro skladby, které jsou běžně používány výrobcí matrací. Třetí vzorek byl firmou nově navrženou skladbou pro lepší roznášení tlaku a tím pro lepší uživatelský komfort.

Předmětem této bakalářské práce bylo zjistit, zda nově navržená skladba skutečně lépe roznáší tlak a tím pádem je i oproti ostatním zavedeným skladbám příjemnější a komfortnější pro uživatele. Cílem práce je potvrdit či vyvrátit hypotézu výrobce: „Nově navržený sendvič pro výrobu matrací je komfortnější než dosud vyráběné sendvičové matrace“.

Před vlastním proměřováním bylo nutno provést rešerši o působení tlaků na lidské tělo v průběhu ležení a zjistit maximální hodnotu tlaku, při které nedochází ke vzniku proleženin. Dále bylo třeba navrhnout způsob měření odporu proti stlačení u všech třech dodaných vzorků matrací z polyuretanové pěny, provést měření a na základě vyhodnocení výsledků dokázat, že nová skladba opravdu lépe roznáší kontaktní tlak mezi matrací a zkušebním zatěžovacím tělesem.

1. TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Podpora těla při odpočinku

Do každodenního života nutně patří i odpočinek a právě na jeho kvalitě závisí kvalita celého našeho života. Bez dobré a dostatečné regenerace by nebyl dostatek sil a energie do dalších úkolů. Mezi způsoby odpočinku a regenerace sil patří jednoznačně i spánek. Délka spánku u člověka je individuální. Obecně se uvádí potřeba 7–8 hodin spánku, ale někteří jedinci mají potřebu odlišnou (pohybuje se od 4 až po 12 hodin spánku za den). Sportovci by měli spát 11 až 13 hodin, to záleží na zátěži a fázích tréninku. Průměrná potřebná délka spánku je v rozmezí 6 – 9 hodin denně, a to znamená, že v posteli strávíme průměrně jednu třetinu svého života. [1] Toto je jistě dostatečně velký důvod věnovat výběru správné postele a matrace značnou pozornost.

Vzhledem k tomu, že tento způsob odpočinku se netýká jen určité části populace, ale naprosto každého, je důležité vědět jak si vybrat správnou postel a matraci. Některé moderní metody mohou při výběru pomoci a usnadnit rozhodování.

1.1.1 Ergonomie

Byl tak vytvořen nový vědní obor Ergonomie, který se zabývá studiem systémů *člověk – prostředí – stroj* a vnáší do technických řešení pracovních nástrojů, strojů, přístrojů a technologií biologické aspekty. Významný kvalitativní přelom v přístupu k řešení vztahů pracovníků a strojů nastal v období 2. světové války v souvislosti s rychlým rozvojem vojenské techniky. V praxi se totiž ukázalo, že lidské schopnosti mají svá omezení, která nedovolí, aby se člověk vyrovnal nebo přizpůsobil technice za všech okolností. Charakteristickým rysem nového pojetí původní „vědy o práci“ je obrácení postupů ve zkoumání systémů *člověk – stroj*: z původního vyhledávání vhodného typu pracovníka k obsluze techniky se nyní nově přizpůsobuje technika člověku tak, aby se vytvořil co největší soulad mezi technickými aspekty pracovních podmínek a biologickými předpoklady pracujících lidí. Tak byla vytvořena nová mezioborová vědní disciplína, která bývá nejčastěji označována jako ergonomie (z řeckých slov *ergon* = práce a *nomos* = zákony). Definice,

charakterizující tento obor, vyjadřují úsilí „účelně využít poznatky biologických věd jako faktoru při navrhování, plánování, projekci a konstrukci technických prostředků sloužících člověku, způsobů manipulace s nimi, i z hlediska prostředí, kde k jejich užívání dochází“. Biologické faktory nástrojů, strojů, pomůcek, pracovních metod i prostředí jsou rovnocenným, ne-li dominujícím hlediskem vedle kritérií technických, technologických a ekonomických. Postupně se ergonomické hledisko rozšířilo na výrobu nábytku a předmětů běžného užívání, hraček, sportovního náčiní, atd. Ergonomie dnes zasahuje i do řešení světelné a tepelné pohody interiérů, do organizace režimu práce a odpočinku, forem a způsobů výcviku i ochrany pracovníků před poškozením z práce. [2]

Ergonomie vytváří takové prostředí, které zabezpečuje dostatečný komfort při pracovních i mimo pracovních činnostech a zabraňuje nezdravému zatěžování pohybového aparátu špatným pohybem (pozicí) nebo vlivem vnějšího prostředí. Hlavním přínosem správné ergonomie je vytvoření komfortu při práci nebo jiných činnostech, prevence zdravotních obtíží, minimalizace únavy při různých činnostech, zvýšení výkonnosti a zlepšení kvality prováděných činností, dobrá fyzická a psychická kondice.

Ergonomie se uplatňuje i v mimopracovních činnostech, jako je sport, doprava a samozřejmě i spánek. Výrobci těchto produktů zařadili ergonomickou způsobilost do svých výrobních programů a samozřejmě i do reklamních kampaní. Nedá se však bohužel říci, že vše co se honosí názvem „ergonomický“, opravdu kvalitativní ergonomické parametry splňuje. Záleží na tom, jakou pozici má naše tělo, tzn. v jakém vzájemném postavení jsou dolní končetiny, trup, horní končetiny a hlava, jaké úhly mezi sebou svírají a jak aktivní je sval zajišťující tuto pozici. Kvalitu spánku výrazně ovlivňuje pozice, ve které spíme a samozřejmě na čem spíme. [3]

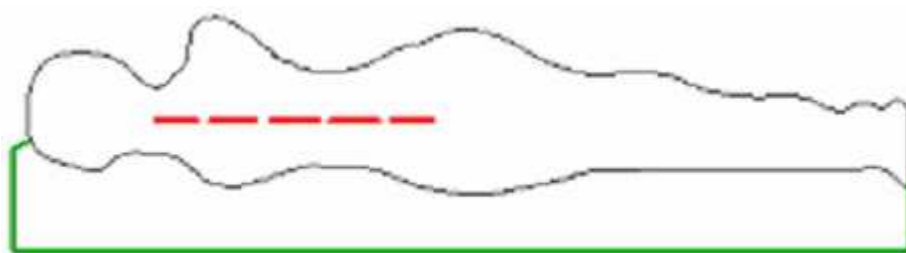
Lehací plocha (s ohledem na výšku, váhu i její rozložení v těle spáče) musí být tak nosná, aby při ležení na boku byla zachována přímka páteře a při poloze na zádech byla páteř ve svém fyziologickém tvaru, tedy přirozeně zakřivená. Měkkost lehací plochy by měla zaručit, aby nedocházelo ke stlačování podkoží a omezování krevního oběhu. Pružnost lehací plochy má usnadňovat pohyby ležícího. I při zatížení by měla mít dostatečnou rezervu, potřebnou k obracení těla. [4]

1.1.2 Spánek

Spánek se skládá z opakujících se cyklů (fází): bdění, usínání, středně hluboký spánek, velmi hluboký spánek a snění (REM fáze). Cyklus trvá 80 – 110 minut. Normální spánek se skládá v první polovině ze 2 – 3 úseků hlubokého spánku, které jsou od sebe odděleny krátkým úsekem snění (REM fáze cca 10 minut). V druhé polovině není hloubka spánku již taková a úseky snění jsou delší. Spící osoba vykoná za noc 20 – 60 částečných nebo úplných změn polohy (tzv. motorika spánku). Struktura poloh při spánku činí cca 50% spaní na boku (z toho 32% spaní na pravém boku, 18% na levém boku), 44% spaní na zádech, 6% spaní na břiše. Během spánku se mění tělesná teplota i EEG. [5]

Při zdravém spánku, který obsahuje všechny spánkové fáze včetně REM fáze, dochází k regeneraci fyzických sil, ale také k ukládání celodenních poznatků do paměti a tím i k odpočinku psychickému. Organismus se dokáže zregenerovat za 3 cykly, lepší je ale 5 cyklů. [5] Je nutné věnovat maximální pozornost výběru lůžka, protože ve spánku, kdy pasivně odpočíváme, naše lůžko aktivně pracuje pro nás. Při správném výběru lůžka pak člověk vstane odpočatý nejenom fyzicky, ale i psychicky.

Lehací nábytek hraje v procesu bydlení jednu z nejdůležitějších rolí vzhledem ke své funkci a k časové délce jeho použití. Nesprávné situování lůžka v místnosti a nesprávně řešená lehací plocha nezabezpečí dobrý spánek a mohou mít dokonce špatný vliv na zdravotní stav uživatele.



Obrázek 1: Správná poloha páteře při ležení na boku [6]

U dobře zvolených ploch je páteř uložena ve svém přirozeném individuálním tvaru (viz Obrázek 1). Při spaní v příliš měkké nebo příliš tvrdé posteli je páteř celou noc nepřirozeně prohnutá a ráno nás bolí záda. Správný spánek je možné ovlivnit splněním řady požadavků. K nim patří především optimální konstrukce lehací plochy, tepelný komfort a hygienické

požadavky, zdravotní nezávadnost použitých materiálů, prostorový komfort lůžka, psychický komfort, orientace lůžka v interiéru a vhodné ukládání lůžkovin. [5]

Jak uvádí Michail Tombak: „Jednu třetinu svého života člověk prospí“. V době spánku se jeho svaly uvolňují nebo napínají. Tyto pohyby se liší od činností prováděných v bdělém stavu během dne. Člověk na odpočinek potřebuje méně energie, proto je spánek nejlepší dobou pro rehabilitaci páteře. Matrace, na které spíme, by měla být natolik tvrdá, abychom spánek nenarušovali. Spát by se mělo na tvrdé matraci a na tvrdém polštáři, rovněž, na zádech, ruce by měly být natažené podél těla a nohy uvolněné. V takovéto pozici je váha těla rovnoměrně rozložena na ploše matrace, svaly jsou maximálně povolené a všechny vyhřezlé obratle, které se mohli v průběhu dne objevit, se pomalu vracejí do původního stavu. Osobám, které spí na měkké matraci, se jejich obratle odchylují, což zhoršuje jejich funkčnost. Tvrdost lůžka, na kterém spíme, má velký vliv nejen na stav páteře, ale na celý organismus. [7] Podle autora přináší spánek na tvrdší matraci ještě další pozitivum a tím je snížení váhy o 3 - 5 kg. Pokud by byl tento vedlejší efekt pravdivý a prokázaný, jistě by dokázal přilákat řadu zákazníků.

Reklama ovlivňuje velkou část rozhodnutí zákazníků, ale přesto u výběru matrací si zákazníci vybírají ve velké míře typ matrace podle tvrdosti, na jakou jsou již zvyklí. Děti a mládež upřednostňují spíše tvrdší matrace, starší lidé naopak měkčí. Dalším velmi důležitým faktorem ovlivňujícím výběr je váha člověka. Výrobci označují matrace podle stupně tvrdosti od nejměkčích v třídě 1 po nejtvrdší v třídě 5. Osoby s nižší hmotností si vybírají spíše měkčí matrace, osoby střední a vyšší váhové kategorie volí převážně vyšší tvrdosti.

1.1.3 Proleženiny

Při dlouhodobém ležení mohou vzniknout proleženiny neboli dekubity. Proleženiny vznikají dlouhodobým působením tlaku a jejich velikost je přímo závislá na intenzitě působení tlaku a době působení tlaku, který způsobuje poruchy prokrvení tkání. Vznik proleženin závisí i na celkovém zdravotním stavu pacienta a na ostatních vnějších podmínkách prostředí.

Vznik proleženin závisí na velikosti kontaktního tlaku schopného způsobit uzavření cév a je závislý na tlaku tělesných tekutin. Během doby odlehčení od působení tlaku dochází k roztažení cév a k opakovanému okysličení tkání. V případě vyššího působení tlaku na tkáň než je normální krevní tlak v kapilárách, tj. 4,27 kPa neboli 32 mm Hg – torrů

(1 torr = 133,32 Pa), dochází k zástavě proudění krve. Následkem toho je poškození až odumření tkání ležících mezi kostní vyvýšeninou a pokožkou. Stlačení nebo deformace podkožních tkání, krevních a lymfatických cév brání zásobování krví, kyslíkem a živinami udržujícími životaschopnost tkání.

Ideální povrch určený k podpírání těla by měl být takový, aby zaručoval snižování tlaku na tkáň. Toho lze docílit použitím speciálních podpůrných povrchů, které přerozdělují tlak působící na tkáň. [8]

Pohodlí při ležení je důležité pro každého, obzvláště důležité je pro osoby dlouhodobě upoutané na lůžko, ale ani zdravému člověku se občas nevyhýbají problémy se spánkem. Z tohoto důvodu se výrobci snaží zdokonalovat své produkty, zabránit vzniku proleženin a maximálně zvýšit komfort uživatelů. Pro výrobce, který poskytnul vzorky, je měření rozložení kontaktního tlaku jednou z priorit. Na základě výsledků měření chce doložit, že jejich nově navržená skladba sendviče je vhodnější právě z důvodu lepšího rozložení působícího tlaku a tím je komfortnější pro všechny kategorie potenciálních zákazníků.

1.1.4 Hodnoty tlaku při ležení

Tlak je jednotkou síly působící na jednotku plochy. V případě matrací je tlak způsobený váhou lidského těla působící určitou silou na určité ploše matrace. Jak uvádí Kosiak, působí nejvyšší tlak v místech, ve kterých je soustředěna největší váha těla nebo v místech, ve kterých je tělo nejvíce podpíráno, tzn. v místech vystupujících částí těla (křížové kosti, hýždě, paty). [9] Tyto vystouplé části těla jsou nejrizikovější právě u dlouhodobě nemocných.

Bansal uvedl v roce 2005, že zvýšený tlak je i v místech s tenčí tkání a menší vzdáleností od kostí nebo v místech s tužší tkání. [10] Přesné tlaky Bansal neuvádí.

Hussaina v roce 1953 uvedl, že tlak působící na tkáň způsobuje částečné omezení nebo úplné zastavení proudění krve a tím následně dochází k omezení přísunu kyslíku a živin do tkání. [11] Omezení přísunu kyslíku je podle Kosiaka příčinou dočasného, případně i trvalého poškození tkání, které může vést až ke vzniku nekrózy.

V roce 1986 Scott uvádí jako mezní hodnotu, kdy začíná docházet k omezení proudění krve a tím i přísunu kyslíku a živin do tkání, tlak 32 mm Hg. [12]

Zjištěná mezní hodnota tlaku byla zahrnuta v praktické části mezi ostatní hodnotící parametry jednotlivých vzorků. Bylo posuzováno, zda se vzorky při mezním tlaku 32 mm Hg pohybovaly v ideálním rozmezí 40 – 60% deformace.

1.2 **Matrace**

Matrace musí bodově pružně nést celé tělo se všemi svými oblinami a nepravidelnostmi. Matrace musí být pružná, aby usnadňovala měnění poloh během spánku. Dále by měla být tak měkká, aby bylo ve spánku umožněno dokonalé svalové uvolnění a aby nedocházelo ke stlačování pokožky. Pokud se totiž člověk otláčuje vlastní hmotností, vzniká nutnost častého měnění polohy. U nemocných lidí, kteří se ve spánku nemohou podvědomě otáčet, dochází ke vzniku proleženin. Ty vznikají během několika hodin po upoutání na lůžko, např. po operaci. Obtížně se hojí a proto je třeba dobrou konstrukcí lehací plochy předcházet jejich vzniku.

Matrace by měly být měkčí v oblasti ramen a tužší v oblasti bederní páteře. Nejkomfortnější jsou matrace se zónovou tuhostí. Matrace také musí správně sát pot. Dobrá je tedy taková matrace, která se přizpůsobí nám, nikoliv naopak. Současně musí být hygienicky ošetřitelná proti prachu, špíně a roztočům, prodyšná, umožňující přísun čistého suchého vzduchu. [5]

S vývojem lidské společnosti i s vývojem nových technologií se mění i typy používaných matrací. Ne každý zákazník je ochotný měnit své zažité zvyklosti, ale přesto je dobré alespoň se seznámit s novinkami, které trh nabízí a případně některý z nových typů nebo materiálů vyzkoušet.

Slamník

Od pradávna bylo zateplování lůžka zajišťováno kožešinami nebo rostlinami obvyklými v daném místě. Ve střední Evropě se používala žitná sláma, která byla pružná, tepelně izolující a dostupná pro každého. Slámou se naplnily jutového pytle a tím vznikl jednodílný slamník. Na tento se pro změkčení a zateplení pokládala tenká peřina plněná prachovým peřím, tzv. spodnice. Slamník nesla příčně položená prkna. [5]

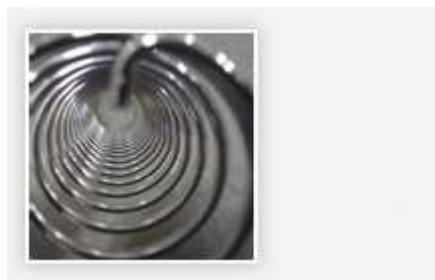
Klasické matrace

Použití drátěnky do postele kolem roku 1900 přineslo díky jejímu pružení nutnost rozdělení do té doby jednodílného slamníku do 3 částí. Jako náplň do matrací se začaly používat další materiály: koňské žíně, lesní tráva, africká tráva, vata, kokosové vlákno, a jejich směsi. Aby matrace držely tvar, bylo nutné jejich prošívání a obšívání. Používání třídílného slamníku (matrace) na pevný podklad přetrvalo v některých případech až dodnes. [5]

Pružinové matrace

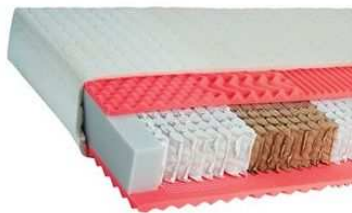
Mají jádro vytvořené pružinami typu Bonell nebo taškovými pružinami. Psychotronikové ale uvádějí, že kovové prvky mohou vytvářet silové pole, které může negativně působit na jedince se slabým biopolem.

Pružina Bonell (viz Obrázek 2) je vyrobena z ocelového drátu o průměru 2,2 a 2,4 mm. Matrace složená z těchto pružin zajišťuje dobré rozložení hmotnosti těla po její celé ploše. Kvalita pružinových matrací Bonell může být velmi rozdílná a je závislá na druhu a tloušťce drátu, počtu závitů, výšce pružiny, počtu pružin na ploše atd. Pružiny bývají rozmístěny v anatomických zónách podle jejich tuhosti, což zajistí lepší rozložení tlaku. Pružiny jsou v horní části navzájem propojeny kovovými očky. [5]



Obrázek 2: Pružina BONELL [13]

Tašková pružina (viz Obrázek 4) je měkčí než pružina Bonell. Matraci tvoří soustava ocelových pružinek zašitých v textilním obalu (viz Obrázek 3). V každém z nich se každá pružinka chová jako malý píst a její pohyb je zcela nezávislý na sousedních.



Obrázek 3: Taštičková matrace [14]



Obrázek 4: Taštičkové pružiny [13]

Taškových pružin je na matraci cca 400 ks, mají soudkový nebo válcový tvar, bodově podpírají tělo a podporují anatomickou polohu páteře. Vyznačují se výbornou elasticitou a umožňují správné uvolnění a relaxaci kosterního svalstva. [5]

Pružiny jsou rozmístěny podle své tuhosti v několika (3 - 7) anatomických zónách tak, aby zaručily optimální rozložení tlaku. Taštičkové pružiny jsou účinnější než pružiny typu Bonell. Na pružinovém jádru obou typů matrací bývá zpravidla tzv. roznášecí vrstva (deska z kokosového vlákna nebo polyuretanové pěny, dále jen „PUR pěny“), další vrstva je tvarovací a kypřicí (z PUR pěny, často s oboustranně prošitým polyesterovým rounem). Některé matrace mohou mít i letní stranu (bavlna, duté vlákno, bavlna + koňské žíně) a zimní stranu (ovčí vlna). Oba druhy matrací jsou vhodné pro pevný dřevěný nebo jednoduchý lamelový rošt. [5]

Pěnové matrace

Z PUR pěn s obchodními názvy jako Durén, Eulastic, Celtex (PUR pěna, elastická, prodyšná tvarově stálá, nehořlavá), Celsius, Eucatherm (mikroporézní PUR pěna s viskoelastickými vlastnostmi, tzv. líná pěna - reaguje na teplo, vrací se pomalu do původního tvaru). Všechny PUR pěny jsou zdravotně nezávadné. [5]

Právě sendvičové matrace z PUR pěn byly předmětem zkoušek. Všechny tři posuzované vzorky byly výhradně z tohoto materiálu. Lišil se pouze konkrétní druh použitého materiálu a skladba vzorků.

Ze syntetického latexu (pěnové pryže) s podílem latexu přírodního (kaučukovníkového mléka). Je měkký, bodově elastický, tvarově stálý, má dlouhou životnost. Vyrábí se studenou

a teplou cestou. Pěnová pryž vyrobená studenou cestou (technologie Talalay) je kvalitnější. Technologie Talalay spočívá v rychlém vakuovém vymrazení latexové směsi, vznikne otevřená buňková struktura, která zabezpečuje výbornou vzdušnost latexové pěny. Kaučukovníkové mléko se získává zahuštěním mízy kaučukovníkových stromů. Dováží se z Malaisie. [5]

1.3 Pěny

Používají se jako základní výplňový materiál čalouněných výrobků ve formě desek, pásů, přířezů nebo tvarových dílů jak samotná, tak velmi často ve spojení s dalšími vrstvami různých pěn. Jsou vyráběny vypěňováním polymerů, především polyuretanu nebo výjimečně u „zelených“ pěn ze směsí syntetických a přírodních polymerů z rostlinných olejů, především ricinového, dále z přírodního latexu (pěnová pryž). Polyesterové pěny se využívají především na obaly a zvukotlumící výplně, na čalounění se používají výjimečně. Jsou dodávány v různých vlastnostech daných jejich objemovou hmotností a odolností proti stlačení. Molitan[®] je obchodní název pěn vyráběných v a.s. Gumotex v Břeclavi. [5]

Objemová hmotnost materiálu má rozhodující vliv na vlastnosti pěny, udává se v kg/m^3 a bývá v rozsahu 18–60 kg/m^3 . Odpor proti stlačení je měřítkem nosných vlastností materiálu při určitém procentu stlačení a udává se v kPa. Ovlivňuje především tvrdost a tvarovou stálost pěn. Jednotlivé typy bývají barevné pro odlišení a u různých výrobců se liší.

1.3.1 Studená pěna

Studená pěna je vyráběná technologií studeného vypěňování, která umožňuje výrobu tvarových výlisků (např. sedáků), je díky svým vynikajícím vlastnostem používána pro komfortní sedací nábytek a matrace. Struktura materiálu zaručuje vysokou elasticitu, dobré odvětrávání, odvod tepla a prostupnost vzduchu. [5]

Studené pěny (viz Obrázek 5) jsou někdy označovány také jako HR z anglického High Resilience. Jak napovídá již název, tento materiál je vysoce pružný a elastický, dokáže se pružně přizpůsobit lidskému tělu.



Obrázek 5: Studená pěna HR [13]

Zároveň však vyniká pevností a tvarovou stálostí, která zamezuje nežádoucím deformacím. Navíc má studená pěna výbornou prodyšnost, optimálně odvádí teplo a omezuje tím výskyt roztočů. [14]

Studená pěna je součástí skladby vzorku A, B i C. U vzorků bude vzájemně porovnán rozdíl v odporu proti stlačení v závislosti na umístění a tloušťce vrstvy studené pěny ve skladbě jednotlivých sendvičů.

1.3.2 Pojený polyuretan

Pojený polyuretan vzniká opětovným slisováním drcených pěn, především odpadu (viz Obrázek 6), má vyšší objemovou hmotnost než běžné pěny ($55 - 120 \text{ kg/m}^3$) a využívá se v sendvičových konstrukcích sedáků, lehacích ploch a matrací, bývá kombinován s běžnými pěnamí. [5]



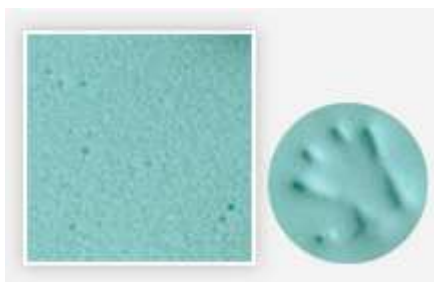
Obrázek 6: Pojená PUR pěna [12]

Pojený polyuretan není zastoupen ani v jedné skladbě sendviče, nebude proto předmětem měření.

1.3.3 Líná pěna

Nejnovějším trendem se staly matrace z viscoelastické polyuretanové, tzv. líné, pěny. „Tento materiál totiž mění svoji tvrdost v závislosti na teplotě a tlaku těla uživatele“ dává jednoduché zdůvodnění Marek Blažej z firmy Gumotex. “To znamená, že matrace při kontaktu s tělesným teplem měkne, tělu ustupuje, čímž dochází k rovnoměrnému rozložení hmotnosti a skvělému přizpůsobení křivkám lidského těla“.

Díky efektu takzvaného pomalého vracení do původní polohy (viz Obrázek 7 a 8) omezuje protitlak, nedochází k narušení krevního oběhu a tím je eliminován vznik proleženin. Svalstvo je během spánku naprosto uvolněné, což přispívá k celkové relaxaci organismu a zmírnění bolestí zad. [14]



Obrázek 7: Líná pěna VISCOCORE [13]



Obrázek 8: Líná pěna LAZY-FOAM [13]

Matrace bývá složena z různých kombinací pěn, podle jejich vlastností, a to vertikálně i horizontálně. Vertikálně může být pro lepší účinnost dělena do zón různé tuhosti (až 7 zón). Například v bederní oblasti, kde je nejvyšší zatížení, se vkládá pěna vyšší tuhosti, v oblasti ramenou se často vytváří tzv. ramenní kolébka: vložka z líné pěny, která zajišťuje optimální uložení těla při spaní na boku. [5]

Líná pěna je součástí skladby vzorku B a C, u těchto vzorků bude vzájemně porovnávám rozdíl v odporu proti stlačení v závislosti na umístění líné pěny ve skladbě jednotlivých sendvičů.

1.3.4 Pěnová pryž

Pěnová pryž je druh lehčené pryže, která je vyráběna vulkanizací vodní disperze polymeru přírodního latexu, syntetického latexu, nebo jejich směsi. Používá se všude tam, kde se mohou uplatnit jeho dobré vlastnosti (vysoká elasticita, nízká hmotnost, nízká trvalá deformace,

dlouhodobá pevnost a tuhost, prodyšnost, trvanlivost). U matrací s jádrem z latexu struktura dovoluje velkou tvarovou změnu. Matrace se nejvíce promáčkne v místě, kam je soustředěn největší tlak ležícího těla (hýždě, rameno), ale okolí (jádro pod hlavou, trupem a nohama) není tímto tlakem ovlivněno. To umožňuje matraci „okopírovat“ tvar ležící postavy a poskytnout jí v každém místě dostatečnou oporu. Jádro latexové matrace je děrované (viz Obrázek 9) a podle počtu otvorů se dělí na zóny s menší nebo větší tuhostí. Latexové matrace jsou vhodné pro lamelové rošty. [5]



Obrázek 9: Latexová matrace [14]

“Silnou stránkou latexových matrací je tzv. bodová elasticita - k deformaci materiálu dochází pouze na místech, na která je vyvíjena síla, okolní prostor zůstává bez deformací,” popisuje Marek Blažej. Matrace se tak dobře přizpůsobuje ležícímu tělu. Tyto ortopedické vlastnosti latexových matrací ale budou fungovat pouze v kombinaci s vhodným lamelovým roštem. [14]

Dalším materiálem stavícím na základních kamenech latexu je vícehustotní pěnová pryž. Jádro matrace v tomto případě obsahuje dva latexy se dvěma odlišnými hustotami. Dodává tedy tělu nejen pevnou podporu, kterou zajišťuje spodní vrstva s vyšší hustotou, ale i měkkost, jež matraci naopak dodá horní vrstva s nižší hustotou. Zároveň se materiál vyznačuje antibakteriálními vlastnostmi a díky své poddajnosti a výrazné elasticitě dokonale kopíruje křivky lidského těla. [14]

Hydrolatex (viz Obrázek 10) je pokrokový materiál, vyrobený kombinací pěny a latexu. Spojují se v něm výhody obou materiálů. Vyznačuje se výbornou elasticitou, díky příčné perforaci i vynikající průdušností, a tím i vysokou hygienou během spánku.



Obrázek 10: Hydrolatex [13]

Jádro matrací má tři ortopedické zóny tuhosti, pro lepší podporu páteře. Hydrolatex v současné době vyniká mezi ostatními materiály velmi dlouhou tvarovou stálostí (životností). [13]

Latex ani hydrolatex není zastoupen v žádné ze skladeb sendvičů, nebude proto předmětem měření.

1.4 Měření tlaku

Tlak je definován jako jednotka síly působící na jednotku plochy. Hlavní jednotkou SI pro tlak je pascal. Pro tlak se používají i další jednotky, které vychází ze zahraničních měrných soustav. V lékařství se používá jednotka torr – milimetr rtuťového sloupce, $1 \text{ torr} = 1 \text{ mm Hg} = 133,32 \text{ Pa}$.

Podle průzkumu platných norem bylo zjištěno, že měřením tlaku se zabývají normy pro stanovení tvrdosti vtlačováním - ČSN EN ISO 2439 a pro stanovení odporu proti stlačení ČSN EN ISO 3386-1.

V následujících dvou kapitolách je stručně shrnutý obsah uvedených norem, předepsané postupy metody měření i způsob výpočtů. Z těchto norem vycházelo vlastní zvolené měření. Postupy však byly upraveny pro potřeby této práce a především přizpůsobeny velikosti získaných vzorků. Přes omezené možnosti, způsobené problémy s dodáním vzorků, byly zvolené metody upravovány pouze minimálně. Důvodem k co nejdůslednějšímu držení se normou popsaných postupů byla možnost porovnání výsledků s měřením jiných výrobců. Případně i pro použití získaných výsledků při následující spolupráci se stávajícím dodavatelem vzorků. Přesný popis vlastního postupu měření je rozepsán v praktické části, v kapitole 2.1.1 a 2.1.2.

1.4.1 Stanovení tvrdosti vtlačováním

Norma ČSN EN ISO 2439 určuje způsob měření síly potřebné k dosažení určeného vtlačení při stanovených podmínkách. Měří se index tvrdosti, charakteristika tvrdosti a ověření tvrdosti. Norma je určena pro latexové, uretanové a PVC pěny s otevřenými buňkami. Působící těleso má kulatý tvar o průměru 200 mm, jeho spodní povrch je hladký, ale neležetý.

U testovaných vzorků se nejdříve provede úvodní vtlačování, po kterém následuje jedna z následujících tří metod samotného měření.

Metoda A – index odolnosti proti vtlačení. Vtlačovací těleso klesne o 40% při čase 30 sekund. Výsledkem metody je změřená síla při daném vtlačení.

Metoda B – charakteristika odolnosti proti vtlačení. Vtlačovací těleso klesne o 25%, 40% a 65% při čase 30 sekund. Výsledkem metody jsou hodnoty faktoru komfortu spočítané z naměřených hodnot.

Metoda C – ověření odolnosti proti vtlačení. Metoda je totožná s metodou A, pouze se měření provede okamžitě po vtlačení. Výsledkem metody je změřená síla při daném vtlačení.

[16]

1.4.2 Stanovení odporu proti stlačení

Stanovení odporu proti stlačení (dle ČSN EN ISO 3386-1) je měřítkem nosných vlastností materiálů, nemusí však být měřítkem schopností snést dlouhotrvající zatížení.

Odpor proti stlačení CC (compression stress/strain characteristic) je napětí, vyjádřené v kPa, požadované k vyvození tlaku při konstantní rychlosti deformace během čtvrtého zatěžovacího cyklu zkoušky, vyjádřené jako funkce stlačení.

Hodnota napětí v tlaku CV_{40} (compression stress value) je odpor proti stlačení pro stlačení o 40%.

Působícím tělesem je stlačovací deska, která je větší než zkušební těleso. Povrch stlačovací desky je hladký, rovný a plochý, ale ne leštěný a je rovnoběžný s podložkou. Testovaný vzorek se stlačuje rychlostí 100 mm/min a uvedené stlačování se opakuje 3x za sebou vždy o 70% původní tloušťky. Při čtvrtém cyklu se odečítá síla při předepsané deformaci. V závěrečném cyklu je možné měřit víc hodnot pro různé deformace.

Výsledkem metody je výpočet odporu proti stlačení při jakémkoliv procentuálním stlačení, vypočítá se podle vzorce:

$$CC_{xx} = 1000 \cdot \frac{F_{xx}}{A} \quad (1)$$

kde CC_{xx} je odpor proti stlačení při stlačení o xx % [kPa]

F_{xx} síla zaznamenaná při čtvrtém cyklu zatěžování při stlačení o xx % [N]

A plocha povrchu zkušebního tělesa [mm²].[17]

1.4.3 Měření tlaků působících na tělo člověka při ležení

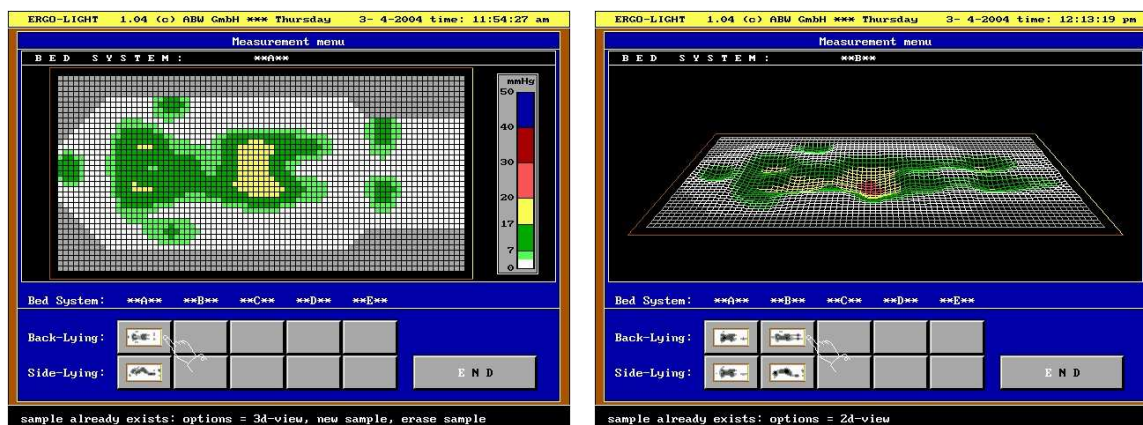
Někteří prodejci matrací se snaží získat nové zákazníky na různých akcích zdravého spaní, kdy umožňují vyzkoušení nabízených matrací pomocí speciálních přístrojů, které dokáží vyhodnotit vhodnost nebo naopak nevhodnost matrace pro konkrétního zákazníka.



Obrázek 11: Testování matrace v poloze na boku [18]

Jedním takovým přístojem je Ergo Check. Tato speciální podložka má stovky individuálních senzorů (optických vláken), které měří tlak na matraci vzniklý v poloze na zádech i na boku (viz Obrázek 11). Lékařské studie prokázaly, že v oblastech, kde protitlak matrace překračuje tlak krve v kapilárách, je způsobena bolest ve svalech a brnění v končetinách. To se projevuje ranní ztuhlostí svalů podél páteře, bolestmi hlavy, ramen, bederní a křížové páteře a samozřejmě pocitem ranní únavy a nedokonalého odpočinku.

Největší tlak na matraci a zpětně i tlak na tělo je v oblasti hýždí, bederní a křížové páteře a v oblasti lopatek. V poloze na boku je to především oblast hýždí a ramenního kloubu, zatížená plocha je menší a proto vzniká větší tlak. Pomocí přenosu do počítače je Ergo Check schopen zhodnotit vhodnější, či méně vhodný typ matrace v závislosti na tom, zda uživatel tráví delší čas v poloze na zádech či na boku. Ani v nejzatíženějších oblastech by však tlak neměl přesáhnout povolenou hranici (matrace nesmí být příliš tuhá v závislosti na hmotnosti uživatele, aby docházelo k řádnému prokrvování těla). [18]



Obrázek 12: Diagramy naměřeného tlaku je možné zobrazit i ve 3D [18]

Ergo Check přenáší vzniklý tlak na matraci pomocí barevného diagramu (viz Obrázek 12 a Příloha č. 1). Světlé barvy (žlutá, zelená a růžová) znázorňují mírný tlak a větší vhodnost pro daného uživatele, tmavší barvy (červená a modrá) znázorňují vyšší tlak. Pokud diagram obsahuje modrou barvu, není tato matrace pro daného uživatele již vhodná. [18]

Zátěžová deka Ergo Check je jedním ze zařízení, kterými se dá změřit a zobrazit působení tlaku v průběhu ležení. Na Technické univerzitě v Liberci je obdobné zařízení X-Sensor, na tomto zařízení měly být dle prvních úvah měřeny matrace. Vzhledem k problémům a nejasnostem s dodáním matrací bylo od tohoto typu měření ustoupeno. V případě dohody s výrobcem na spolupráci by bylo vhodné měření pomocí zátěžové deky X-Sensor doplnit pro názornější zdokumentování působení tlaků v ploše.

2. PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 Použitá metoda měření

Pro metodu, která byla použita pro testování vzorků skladeb matrací, bylo použito normových metod pro stanovení odporu proti stlačení (ČSN EN ISO 3386-1) a stanovení tvrdosti vtlačováním (ČSN EN ISO 2439). Normou popsane metody byly pouze minimálně upraveny. Podrobný popis obou použitých metod je popsán v následujících kapitolách.

Z výsledných hodnot měření byl následně vypočítán faktor komfortu (FK) a procento deformace odpovídající hodnotě 4 kPa, která je mezní (maximální) hodnotou tlaku nezpůsobujícího vznik proleženin.

2.1.1 Stanovení odporu proti stlačení

Stanovení odporu proti stlačení bylo provedeno pomocí přístroje Labortech 2.050 a programu LabTest verze 3. Rychlost pohybu čelisti byla zadána dle normy na 100 mm/min. Přesnost měření síly byla 0,08 N.

Podložka umístěná pod vzorkem byla kovová s hladkým rovným povrchem. Jako působící těleso byla použita stlačovací kovová hladká rovná deska stejného tvaru a provedení jako podložka.

Testované vzorky skladeb matrací byly ve tvaru kvádrů. Výška vzorků závisela na skladbě použitých materiálů, vzorek A byl výšky 175 mm, vzorek B výšky 175 mm a vzorek C výšky 170 mm. Jiné vzorky nemohly být z firmy dodány, proto bylo nutno přizpůsobit měření velikosti dodaných materiálů. Přesnější popis jednotlivých vrstev vzorků je popsán v kapitole 2.2.

Působící těleso bylo stlačováno rychlostí 100 mm/min ve čtyřech cyklech za sebou o zadanou hodnotu 70% původní tloušťky posuzovaného vzorku. Výsledkem měření byly čtyři cykly

hodnot síly při stlačení o 70% tloušťky. Pro další výpočty byly použity pouze hodnoty síly naměřené ve 4. cyklu, tak jak udává norma.

Pro vyhodnocení metody byl použit výpočet odporu proti stlačení podle vzorce:

$$— \quad (1)$$

kde CC_{xx} je odpor proti stlačení při stlačení o xx % [kPa],
 F_{xx} síla zaznamenaná při čtvrtém cyklu zatěžování při stlačení o xx % [N],
 A plocha povrchu zkušebního tělesa [mm²]. [17]

Ze 4. cyklu měření byly vypočítány síly při 25% a 65% deformaci, tyto hodnoty byly dosazeny do vzorce pro výpočet faktoru komfortu:

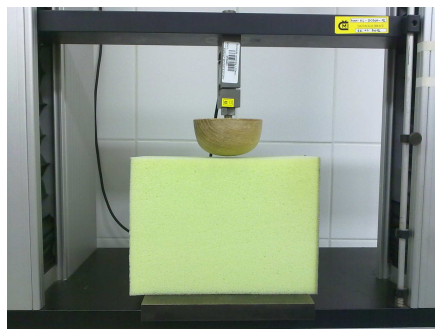
$$— \quad (2)$$

kde FK je faktor komfortu [-],
 F_{65} hodnota síly získaná při 65% deformaci (stlačení nebo vtlačení) [N],
 F_{25} hodnota síly získaná při 25% deformaci (stlačení nebo vtlačení) [N]. [16]

2.1.2 Stanovení tvrdosti vtlačováním

Stanovení tvrdosti vtlačováním bylo provedeno pomocí přístroje Labortech 2.050 a programu LabTest verze 3. Rychlost pohybu čelisti byla zadána dle normy na 100 mm/min. Přesnost měření síly byla 0,08 N.

Podložka umístěná pod vzorkem byla kovová s hladkým rovným povrchem. Jako působící těleso byl použit stlačovací dřevěný vrchlík s rotačním elipsoidem o průměru 90 mm. Povrch vrchlíku byl hladký (viz Obrázek 13).



Obrázek 13: Vrchlík použitý pro měření tvrdosti vtlačováním

Testované vzorky skladeb matrací byly ve tvaru kvádrů. Výška vzorků závisela na skladbě použitých materiálů, vzorek A byl výšky 161 mm, vzorek B výšky 162 mm a vzorek C výšky 161mm.

Působící těleso bylo vtlačováno rychlostí 100 mm/min ve čtrnácti cyklech za sebou jdoucích o zadanou hodnotu 75% původní tloušťky posuzovaného vzorku. Po dosažení krajní mezní byla prodleva 1 sekunda. Poté následoval návrat čelisti do výchozí polohy. Výsledkem měření bylo 14 cyklů hodnot síly při stlačení o 75% tloušťky. Pro další výpočty byly použity pouze hodnoty síly naměřené v posledním cyklu.

2.2 Postup měření

Při měření byly posuzovány tři vzorky skladeb polyuretanových pěn s různým složením a rozdílnou tloušťkou jednotlivých vrstev.

Vzorek A byl jednovrstvý ze studené pěny o hustotě 40 kg/m^3 . Šířka vzorku byla 120 mm, délka 227 mm, výška 175 mm. Vzorek je uveden na Obrázku 13, který vznikl v průběhu měření tvrdosti vtlačováním.

Vzorek B byl dvouvrstvý, ve vrchní části byla čtyřcentimetrová vrstva viskoelastické, tzv. líné pěny o hustotě 65 kg/m^3 a ve spodní části byla vrstva studené pěny o hustotě 35 kg/m^3 . Vzorek je uveden na Obrázku 14, který zachycuje průběh měření pomocí metody vtlačování.

Vzorek C byl třívrstvý, šlo o vývojový vzorek složený ze tří vrstev, o kterém si výrobní firma nepřála podávat přesnější informace.

Vlastnímu měření předcházela výběr typu zkoušky a vytvoření definice měření. Definice měření byla vytvořena v programu LabTech v. 3. Bylo nutné nejprve definovat základní vstupní a výstupní hodnoty a parametry vlastního měření (např. rychlost pohybu čelistí, počáteční a mezní koncová poloha, časová prodleva v koncových polohách, počet cyklů).

—

Obrázek 14: Průběhu měření vzorku B metodou vtlačování

Po vytvoření definice zkoušky, zadání potřebných hodnot a vložení vzorku do přístroje bylo ještě nutné nastavení a vynulování výchozí polohy měření, poté následovalo již samotné spuštění cyklického měření. Po skončení posledního cyklu se čelist vrátila do výchozí polohy a naměřená data byla uložena ve formátu CSV, vhodném pro další zpracování. Výsledky měření byly zpracovány do tabulek a obrázků, viz následující kapitola 2.3.

2.3 Zpracování dat

1.0.0 Stanovení odporu proti stlačení

Při prvním způsobu měření, tzn. při stanovení odporu proti stlačení, byly naměřeny hodnoty tlaku při daných procentech deformace (viz Tabulka 1) a tyto hodnoty byly dále použity v dalších výpočtech.

Tabulka 1: Hodnoty naměřeného tlaku při 70%, 65% a 25% deformaci

—

V tabulce 1 jsou naměřené hodnoty tlaku při 70%, 65% a 25% deformaci ze 4. cyklu měření, tak jak udává norma pro stanovení odporu proti stlačení. Z naměřených hodnot je zřejmé, že vzorek A vykazoval nejvyšší hodnoty tlaku na všech třech úrovních měřené deformace. Speciální vzorek C měl naopak hodnoty nejnižší na všech třech úrovních deformace.

Pro všechny tři vzorky skladeb byla přepočítána deformace na relativní deformaci ε (viz Tabulka 2) podle vzorce:

$$- \quad (3)$$

kde ε je relativní deformace [%],
 d_0 počáteční výška skladby [mm],
 d výška skladby při deformaci při stlačení nebo vtlačení [mm]. [16]

Tabulka 2: Relativní deformace při 70%, 65% a 25% deformaci

V tabulce 2 jsou uvedené hodnoty výšky při 100%, 70%, 65% a 25% deformaci. Relativní deformace jsou uvedeny pro 70%, 65% a 25% deformaci ze 4. cyklu měření, tak jak udává norma pro stanovení odporu proti stlačení.

Pro vyhodnocení metody stanovení odporu proti stlačení (viz Tabulka 3) byl použit výpočet odporu proti stlačení CC_{xx} [kPa] podle vzorce (1).

Tabulka 3: Odpor proti stlačení při 70%, 65% a 25% deformaci

Odpor proti stlačení CC_{xx}			
vzorek	CC_{70}	CC_{65}	CC_{25}
A	17,008	11,239	3,872
B	12,161	7,871	2,328
C	10,224	6,898	1,913

V tabulce 3 jsou uvedeny vypočítané hodnoty odporu proti stlačení při 70%, 65% a 25% deformaci ze 4. cyklu měření. Z naměřených hodnot je zřejmé, že vzorek A vykazoval nejvyšší hodnoty odporu proti stlačení na všech třech úrovních měřené deformace. Speciální vzorek C měl naopak hodnoty nejnižší na všech třech úrovních deformace.

Tlak při deformaci P [Pa] byl vypočítán podle následujícího vzorce:

$$- \quad (4)$$

kde P je tlak [Pa],
 F síla působící při 25 % a 65 % deformaci [N],

S plocha stlačovací čelisti [m^2]. [17]

Tabulka 4: Tlak při mezním napětí 4 kPa

—
V tabulce 4 jsou pak zaznamenány naměřené hodnoty tlaku při mezním napětí 4 kPa a výška d , udávající hodnotu zaboření při napětí 4 kPa.

Faktor komfortu FK (viz Tabulka 5) byl vypočítán ze síly naměřené při 25% a 65% deformaci podle vzorce (2).

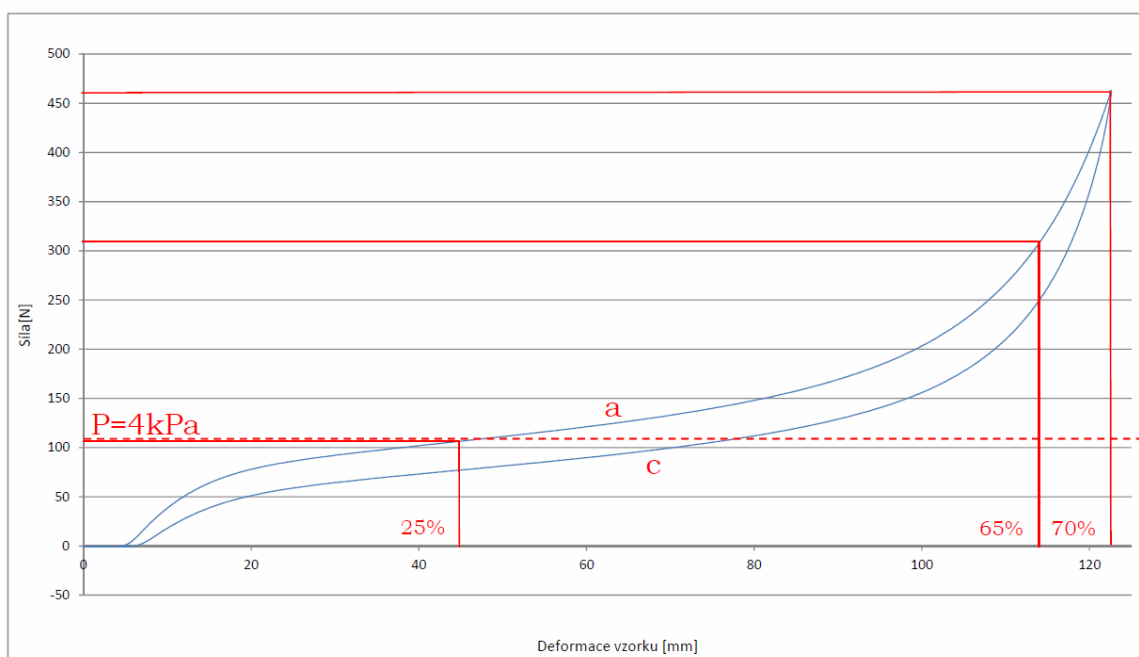
Tabulka 5: Faktor komfortu při 70%, 65% a 25% stlačení

—
V tabulce 5 jsou k naměřeným hodnotám tlaku při 70%, 65% a 25% deformaci ze 4. cyklu měření doplněné vypočítané hodnoty faktoru komfortu pro jednotlivé vzorky. Ze získaných hodnot je zřejmé, že vzorek A vykazoval nejnižší hodnotu faktoru komfortu a nově navržený typ skladby, vzorek C, naopak nejvyšší hodnotu faktoru komfortu.

Pro lepší představu o průběhu deformačních křivek byly pro jednotlivé vzorky zaznamenány hodnoty závislosti deformace na působící síle získané ve 4. cyklu měření. V grafech jsou vyznačené linie při zatěžování (a) a linie při odlehčení (b). Na ose x , která udává deformaci, byly vyznačeny body při 25%, 65% a 70% stlačení. Osa y udává naměřenou sílu. Na ose y je pak vyznačena úroveň síly 4 kPa, která je uváděna jako hraniční hodnotou při které ještě nedochází ke vzniku dekubitů.

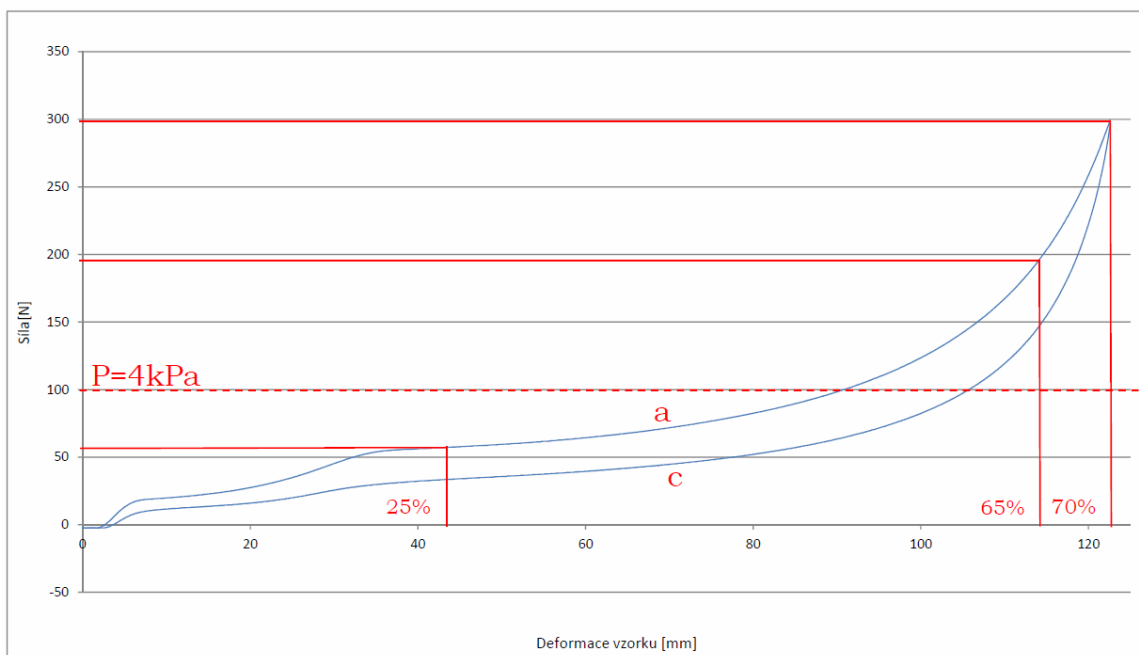
Na následujících obrázcích (Obrázek 15, 16 a 17) je graficky znázorněn průběh deformačních křivek pro jednotlivé měřené vzorky v průběhu 4. cyklu měření, jak bylo uvedeno výše.

Stlačení - vzorek A

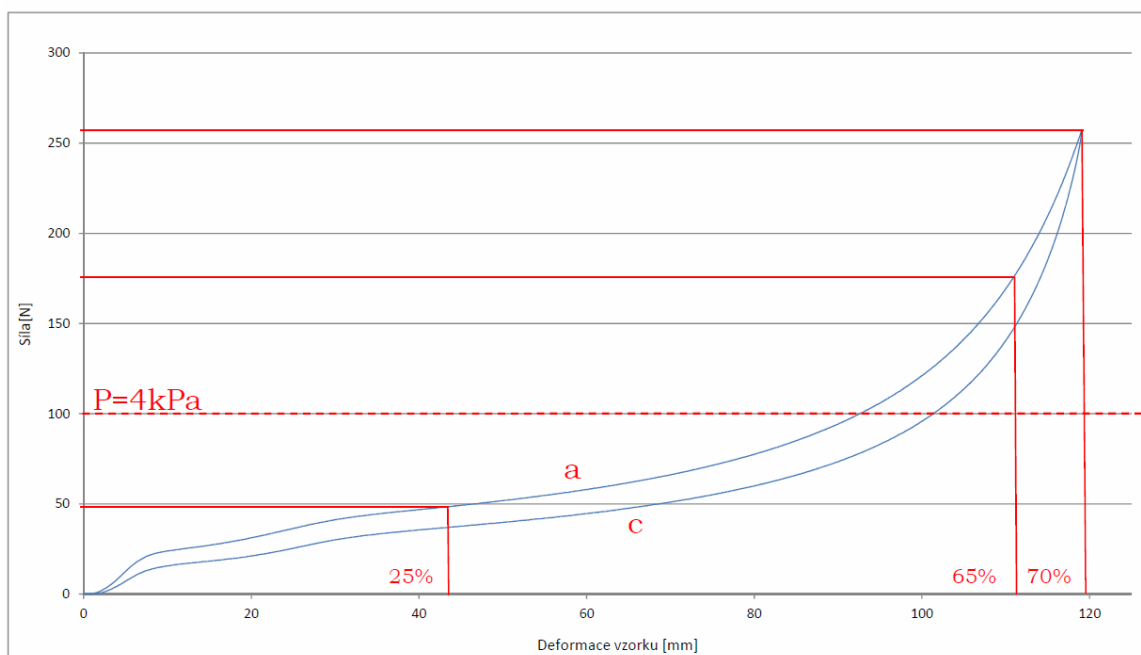


Obrázek 15: Průběh deformačních křivek pro vzorek A

Stlačení - vzorek B



Obrázek 16: Průběh deformačních křivek pro vzorek B

Stlačení -vzorek C

Obrázek 17: Průběh deformačních křivek pro vzorek C

2.3.1 Stanovení tvrdosti vtlačováním

Při druhém způsobu měření, tzn. při stanovení tvrdosti vtlačováním, byly naměřeny hodnoty tlaku při daných procentech deformace a tyto hodnoty byly dále použity v dalších výpočtech.

Tabulka 6: Hodnoty naměřeného tlaku při 70%, 65% a 25% deformaci

—

V tabulce 6 jsou naměřené hodnoty tlaku vtlačováním při 70%, 65% a 25% deformaci z posledního cyklu zatěžování. Z naměřených hodnot je zřejmé, že vzorek A vykazoval nejvyšší hodnoty tlaku na všech třech úrovních měřené deformace. Speciální vzorek C měl naopak hodnoty nejnižší na všech třech úrovních deformace.

Faktor komfortu FK byl vypočítán ze síly při 25% a 65% deformaci vtlačení podle stejného vzorce (2) jako u stanovení odporu stlačováním.

Tabulka 7: Faktor komfortu při 70%, 65% a 25% vtlačení

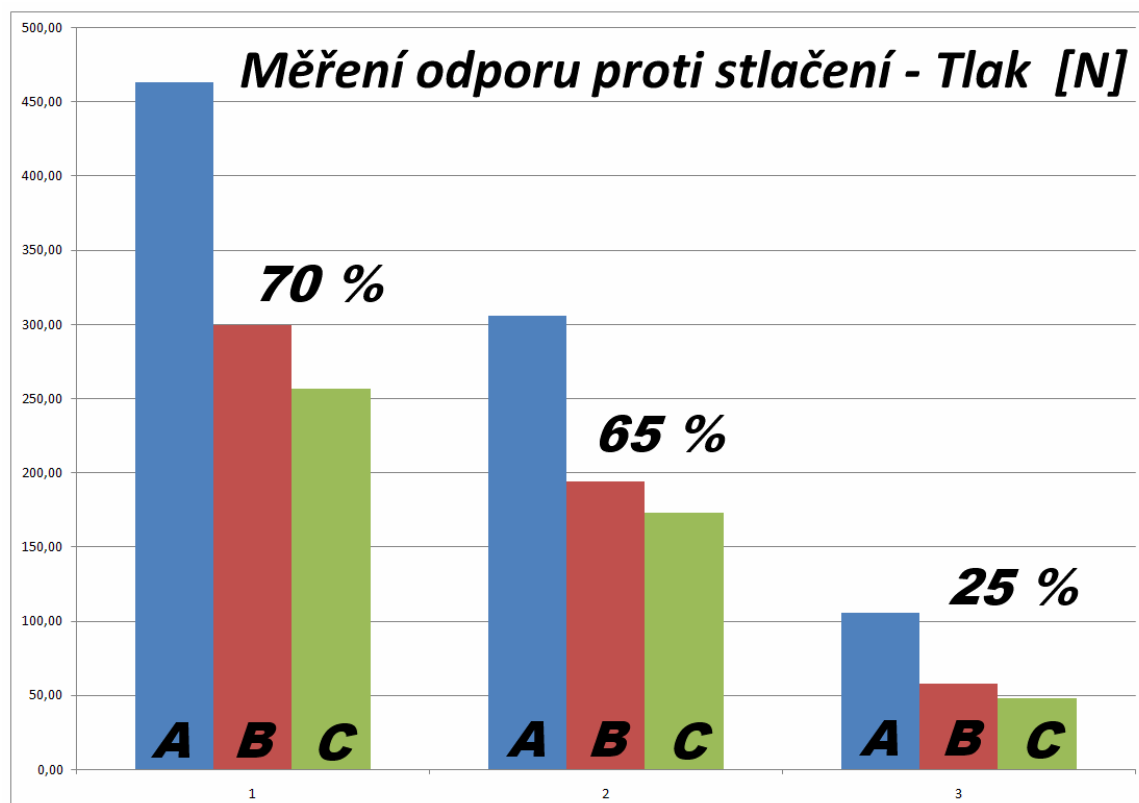
—

V tabulce č. 7 jsou k naměřeným hodnotám tlaku při vtlačení při 70%, 65% a 25% deformaci z posledního cyklu měření doplněné vypočítané hodnoty faktoru komfortu pro jednotlivé vzorky. Ze získaných hodnot je zřejmé, že vzorek A vykazoval nejnižší hodnotu faktoru komfortu. Na rozdíl od předchozího typu měření, u měření tvrdosti vtlačováním měl nejvyšší hodnotu faktoru komfortu vzorek B.

2.4 Vyhodnocení měření

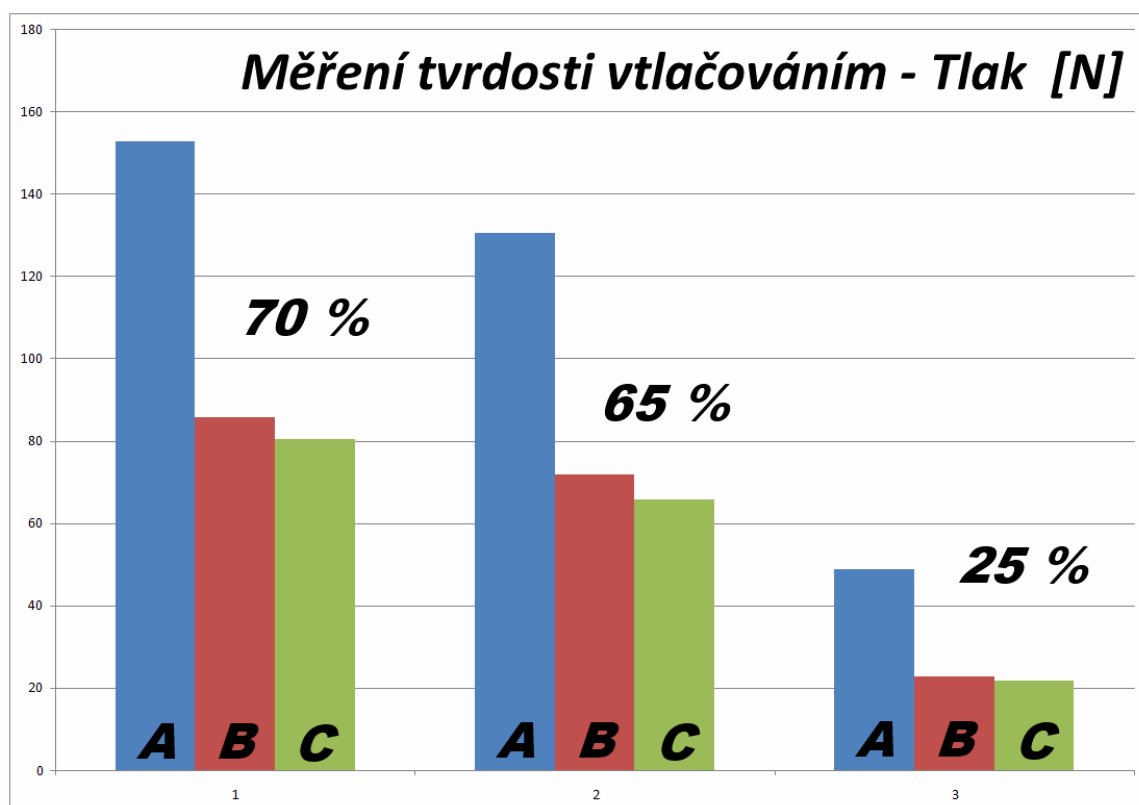
Nejvyšších hodnot tlaku bylo naměřeno u vzorku A jak při měření odporu proti stlačení, tak při měření tvrdosti vtlačováním, a to ve všech třech úrovních deformace, které byly předmětem měření a výpočtů, tzn. při 25%, 65% a 70% deformace.

Vzorek C měl v obou typech měření a ve všech úrovních deformace nejnižší hodnoty tlaku (viz Obrázek 18 a 19). Mezi vzorky B a C již výraznější rozdíly v tlaku nebyly. Vícevrstvé skladby vzorků B a C vykazovaly oproti vzorku A zhruba o polovinu nižší hodnoty tlaku na jednotlivých deformacích. Tento velký rozdíl byl patrnější u stanovení tvrdosti vtlačováním.



Obrázek 18: Grafické znázornění výsledků měření odporu proti stlačení

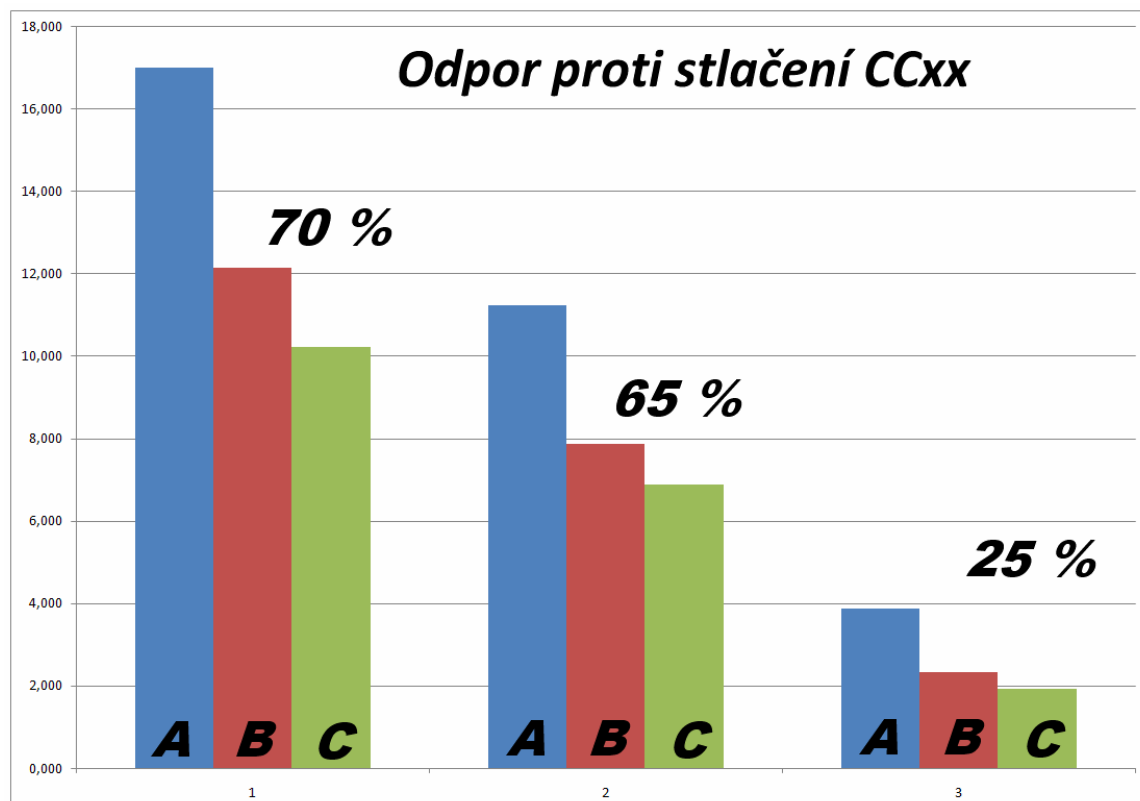
Deformační křivka měření odporu proti stlačení byla u vzorku A byla oproti vzorkům B a C plynulejší, nevyskytovaly se na ní žádné výrazné skoky (viz příloha č. 2 a 3). Tvar křivky měření odporu proti stlačení u vzorku A přesně odpovídal typické linii zatěžovacího i odlehčovacího cyklu měření.



Obrázek 19: Grafické znázornění výsledků měření tvrdosti vtlačováním

Výpočtem odporu proti stlačení CC_{xx} bylo zjištěno, že na všech třech úrovních deformace byl nejvyšší odpor opět u vzorku A a nejnižší byl u vzorku C (viz Obrázek 20).

U výpočtu faktoru komfortu FK byl u prvního měření, tzn. u stanovení odporu stlačováním, zjištěn nejnižší faktor u vzorku A a nejvyšší faktor u speciálního vzorku C. U měření tvrdosti vtlačováním byl nejnižší faktor komfortu také u vzorku A, ale nejvyšší faktor komfortu byl vypočítán u vzorku B. Deformační křivky z provedeného měření tvrdosti vtlačováním jsou uvedeny v příloze č. 4 a 5.

Obrázek 20: Grafické znázornění vypočítaného odporu proti stlačení CC_{xx}

Deformace při mezním napětí 4 kPa, kdy začíná docházet ke vzniku proleženin, by se měla ideálně pohybovat v rozmezí 40% až 60% deformace. Větší deformace by způsobovala větší zaboření do matrace a tím by vznikala pocit velmi měkké matrace. Menší deformace, tzn. menší zaboření, by naopak vyvolávalo pocit tvrdé matrace. U měřených vzorků by toto rozpětí mělo být zhruba mezi hodnotami 70 až 105 mm. V případě vzorku B i C se deformace při 4 kPa pohybovala v požadovaném rozpětí 40 – 60%, ale vzorek A byl pod spodní hranicí rozpětí (viz Tabulka 4 na str. 31), tzn. matrace z tohoto materiálu by působila tvrdším dojmem.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo prověřit, zda nově navržená skladba sendvičové matrace z polyuretanových pěn lépe roznáší kontaktní tlak mezi matrací a ležícím člověkem než běžně vyráběné skladby sendvičů. Posuzovány byly celkem tři vzorky pěnových skladeb, označené A, B a C. Vzorek A byl jednovrstvý ze studené pěny o hustotě 40 kg/m^3 . Vzorek B byl dvouvrstvý, kde ve vrchní části byla vrstva viskoelastické, tzv. líné pěny o hustotě 65 kg/m^3 a ve spodní části vrstva studené pěny o hustotě 35 kg/m^3 . Vzorek C byl třívrstvý, složený ze dvou vrstev studené pěny vysoké hustoty (55 kg/m^3) mezi kterými byla vrstva viskoelastické, tzv. líné pěny o hustotě 65 kg/m^3 .

Práce byla rozdělena na dvě části, na část teoretickou a část praktickou. Pro vypracování teoretické části byl proveden průzkum literatury, který se zabýval jak seznámením s ergonometrií, fázemi spánku, vznikem proleženin a hodnotami tlaku působících při ležení, tak i se základními typy matrací a pěn. Další část průzkumu se zabývala nastudováním norem pro určování odporu proti stlačení a stanovení tvrdosti vtlačováním. V praktické části byla pro zjištění závislosti mezi složením vrstev a působením kontaktního tlaku na matraci sestavena vlastní metoda testování, která vycházela z velké části z měření popsanych v normách.

Pomocí vlastní metody byly vzorky skladeb testovány v první řadě na stanovení odporu proti stlačení, jako doplňkové měření bylo použito i stanovení tvrdosti vtlačováním, které mělo podpořit, případně vyvrátit předpokládaný výsledek, tzn. lepší roznášení kontaktních tlaků mezi matrací a ležícím člověkem. V případě experimentu se posuzoval pouze vzorek matrace a ležícího člověka nahrazovalo zkušební zatěžovací těleso. Pro stanovení odporu proti stlačení byla zkušebním tělesem kovová deska, pro stanovení tvrdosti vtlačováním byl zkušebním tělesem hladký dřevěný vrchlík.

Z hodnot naměřených během prvního cyklického zatěžování byl vypočítán odpor proti stlačení a hodnoty tlaku při deformaci 25%, 65% a 70%. Byla určena hloubka vtlačení při tlaku odpovídajícímu 4 kPa, což je hodnota mezního napětí, při kterém ještě nedochází ke

vzniku proleženin. Dále byl vypočítán faktor komfortu při 25%, 65% a 70% deformaci stlačení.

Z hodnot naměřených během druhého cyklického zatěžování, tzn. ze stanovení tvrdosti vtlačováním, byly převzaty hodnoty tlaku při deformaci 25%, 65% a 70% a z nich byl vypočítán faktor komfortu při 25%, 65% a 70% deformaci vtlačení.

Při celkovém zhodnocení výsledků z obou měření je zřejmé, že nejvyšší hodnoty tlaku byly naměřeny u vzorku A, a nejmenší hodnoty u vzorku C, a to na všech třech sledovaných úrovních deformace. Vícevrstvé skladby vzorku B a C vykazovaly oproti jednovrstvé skladbě vzorku A výrazně nižší hodnoty tlaku. Toto bylo patrné zejména u měření tvrdosti vtlačováním, kde byly hodnoty tlaku zhruba o polovinu nižší než u vzorku A. Stejný závěr lze dovodit i z výsledků měření odporu proti stlačení, nejvyšší odpor byl naměřen u vzorku A, nejnižší u vzorku C.

Jediný rozdíl mezi výsledky měření byl u výpočtu faktoru komfortu, kdy byl u prvního typu měření stanoven nejvyšší faktor komfortu u vzorku C, u druhého typu měření pak u vzorku B. U obou typů měření měl nejnižší faktor komfortu vzorek A. V rámci posuzování deformace při mezním napětí 4 kPa bylo zjištěno, že vzorek B i C se pohybuje v požadovaném rozpětí 40 až 60% deformace. Vzorek A byl pod spodní hranicí rozpětí, což by znamenalo, že matrace by působila tvrdším dojmem.

Z uvedených výsledků vyplývá, že jednovrstvá matrace má proti sendvičovým skladbám výrazně horší vlastnosti. Mezi vzorky B a C nebyl výrazný rozdíl, ale přesto ve všech testech, kromě faktoru komfortu při stanovení tvrdosti vtlačováním, dopadla lépe nově navrhovaná třívrstvá skladba sendvičové matrace.

Cílem práce bylo potvrdit či vyvrátit hypotézu výrobce: „Nový sendvič pro výrobu matrací je komfortnější než dosud vyráběné sendvičové matrace“. V porovnání s dostupnými vzorky matrací je možno konstatovat, že nový typ matracového sendviče, zde označený jako speciální vzorek C, je skutečně nejkomfortnější.

SEZNAM LITERATURY

- [1] Groh, D. Zdravý spánek – Typy a rady 1. [online]. 2012 [cit. 2012-12-09]. Dostupný z www: <http://www.1-magazin.cz/zdravi-a-krasa/dusevni-zdravi/zdravy-spanek-tipy-a-rady-1.html>
- [2] Marek, J., Skřehot, P. Základy aplikované ergonomie. 1. Vydání. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i., 2009, 118 stran, s. ISBN 978-80-86973-58-6
- [3] Beran, K. *Co je to ergonomie?* [online]. 2013 [cit. 2013-20-01]. Dostupný z www: <http://www.zijemenaplno.cz/Clanky/a186-Co-je-to-ergonomie.aspx>
- [4] Dům a byt. Ergonomie v ložnici. [online]. 2013 [cit. 2013-20-01]. Dostupný z www: http://www.dumabyt.cz/rubriky/interier/loznice/ergonomie-v-loznici_21872.html
- [5] Vše o nábytku. Spánek. [online]. 2013 [cit. 2013-20-01]. Dostupný z www: <http://typologie-nabytku.blogspot.cz/>
- [6] Elecrtonic journal of polish agricultural universities. Anthro-po-technical models in testing mattress. [online]. 2012 [cit. 2012-15-12]. Dostupný z www: <http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue3/art-38.html>
- [7] Tombak M. Je možné žít 150 let? 1. Vydání. Vendryně: Beskydy, 2011, 154 stran, s. ISBN 978-80-87431-08-5
- [8] Mikula, J., Müllerová, N. Prevence dekubitů. 1. Vydání. Praha: Grada, 2008, 96 + 8 stran barevné přílohy, s. ISBN 978-80-247-2043-2
- [9] Kosiak, M., 1961. Etiology of decubites ulcers. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 42 (1), pp. 19-29

[10] Bansal, C. et al., 2005. Decubites ulcers: A review of the literature. *International Journal of Dermatology*, 44, pp. 805-810. Dostupný přes: Wiley Online Library [cit. 2010-12-07]

[11] Hussain, T., 1953. An experimental study of some pressure effects on tissues, with reference to the bed-sore problem. *The Journal of Pathology and Bacteriology*. 66 (2), pp. 347-358. Dostupný přes: Wiley [cit. 2009-01-08]

[12] Scott, E., M., 1986. Studies in integrated physiology; Cardiovascular physiology: an integrated approach, Manchester university Press: Manchester

[13] matraCentrum – Vaše centrum kvalitního spánku. Zdravotní matrace, matrace, lamelové rošty, postelové doplňky. [online]. 2012 [cit. 2012-26-10]. Dostupný z www:

http://info.matracentrum.sk/informace-info?info_ID=3

[14] Jakešová, D., *Jak vybrat správnou matraci, aby záda už nikdy nebolela* [online]. 2008 [cit. 2012-26-10]. Dostupný z www:

http://bydleni.idnes.cz/jak-vybrat-spravnou-matraci-aby-zada-uz-nikdy-nebolela-ppw-/dum_osobnosti.aspx?c=A080727_124306_dum_stavime_web

[15] Řempe CB a.s. – Drť pojená. [online]. 2013 [cit. 2013-05-05]. Dostupný z www:

<http://rempocb.cz/?wpsc-product=drt-pojena>

[16] ČSN EN ISO 2439: Měkké lehčené polymerní materiály – Stanovení tvrdosti vtlačováním. Praha: Český normalizační institut, 1997, 7 stran

[17] ČSN EN ISO 3386-1: Měkké lehčené polymerní materiály – Stanovení odporu proti stlačení – Část 1: Nízkohustotní materiály. Praha: Český normalizační institut, 1999, 8 stran

[18] Akce „Zdravé spaní“. [online]. 2012 [cit. 2012-30-10]. Dostupný z www:

<http://www.hildinganders.cz/akce.php>

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: SPRÁVNÁ POLOHA PÁTEŘE PŘI LEŽENÍ NA BOKU [5]	12
OBRÁZEK 2: PRUŽINA BONELL [8]	16
OBRÁZEK 3: TAŠTIČKOVÁ MATRACE [7].....	17
OBRÁZEK 4: TAŠTIČKOVÉ PRUŽINY [8].....	17
OBRÁZEK 5: STUDENÁ PĚNA HR [8]	19
OBRÁZEK 6: POJENÁ PUR PĚNA [12]	19
OBRÁZEK 7: LÍNA PĚNA VISCOGREEN [8].....	20
OBRÁZEK 8: LÍNÁ PĚNA LAZY-FOAM [8]	20
OBRÁZEK 9: LATEXOVÁ MATRACE [7].....	21
OBRÁZEK 10: HYDROLATEX [8].....	22
OBRÁZEK 11: TESTOVÁNÍ MATRACE V POLOZE NA BOKU [6].....	25
OBRÁZEK 12: DIAGRAMY NAMĚŘENÉHO TLAKU JE MOŽNÉ ZOBRAZIT I VE 3D [6].....	25
OBRÁZEK 13: VRCHLÍK POUŽITÝ PRO MĚŘENÍ TVRDOSTI VTLAČOVÁNÍM	29
OBRÁZEK 14: PRŮBĚHU MĚŘENÍ VZORKU B METODOU VTLAČOVÁNÍ	30
OBRÁZEK 15: PRŮBĚH DEFORMAČNÍCH KŘIVEK PRO VZOREK A	33
OBRÁZEK 16: PRŮBĚH DEFORMAČNÍCH KŘIVEK PRO VZOREK B	33
OBRÁZEK 17: PRŮBĚH DEFORMAČNÍCH KŘIVEK PRO VZOREK C	34
OBRÁZEK 18: GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ ODPORU PROTI STLAČENÍ.....	35
OBRÁZEK 19: GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ TVRDOSTI VTLAČOVÁNÍM.....	36
OBRÁZEK 20: GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ VYPOČÍTANÉHO ODPORU PROTI STLAČENÍ CC_{xx}	37

Seznam tabulek

TABULKA 1: HODNOTY NAMĚŘENÉHO TLAKU PŘI 70%, 65% A 25% DEFORMACI.....	30
TABULKA 2: RELATIVNÍ DEFORMACE PŘI 70%, 65% A 25% DEFORMACI.....	31
TABULKA 3: ODPOR PROTI STLAČENÍ PŘI 70%, 65% A 25% DEFORMACI	31
TABULKA 4: TLAK PŘI MEZNÍM NAPĚTÍ 4 kPa	32
TABULKA 5: FAKTOR KOMFORTU PŘI 70%, 65% A 25% STLAČENÍ	32
TABULKA 6: HODNOTY NAMĚŘENÉHO TLAKU PŘI 70%, 65% A 25% DEFORMACI.....	34
TABULKA 7: FAKTOR KOMFORTU PŘI 70%, 65% A 25% VTLAČENÍ.....	34

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA Č. 1: ERGO CHECK - DIAGRAMY NAMĚŘENÉHO TLAKU JE MOŽNÉ ZOBRAZIT I VE 3D

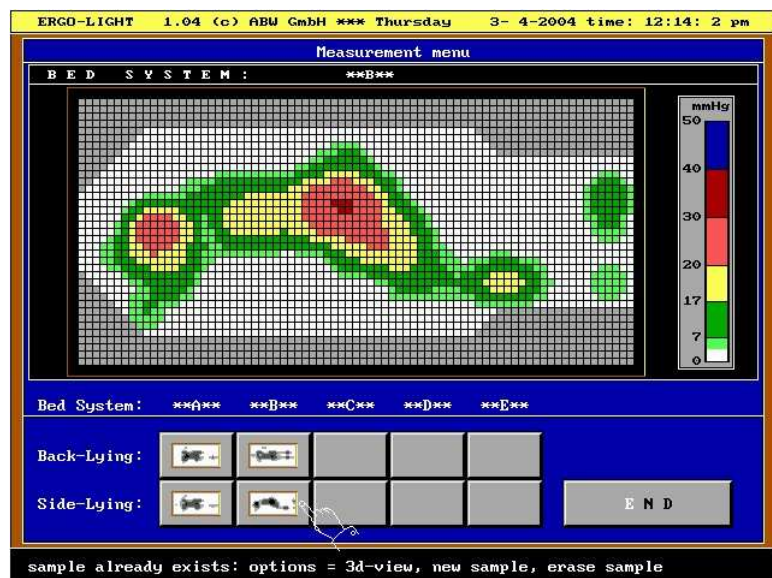
PŘÍLOHA Č. 2: DEFORMAČNÍ KŘIVKA ODPORU PROTI STLAČENÍ PRO VZOREK A A B

PŘÍLOHA Č. 3: DEFORMAČNÍ KŘIVKA ODPORU PROTI STLAČENÍ PRO VZOREK C

PŘÍLOHA Č. 4: DEFORMAČNÍ KŘIVKA STANOVENÍ TVRDOSTI VTLAČENÍM PRO VZOREK A A B

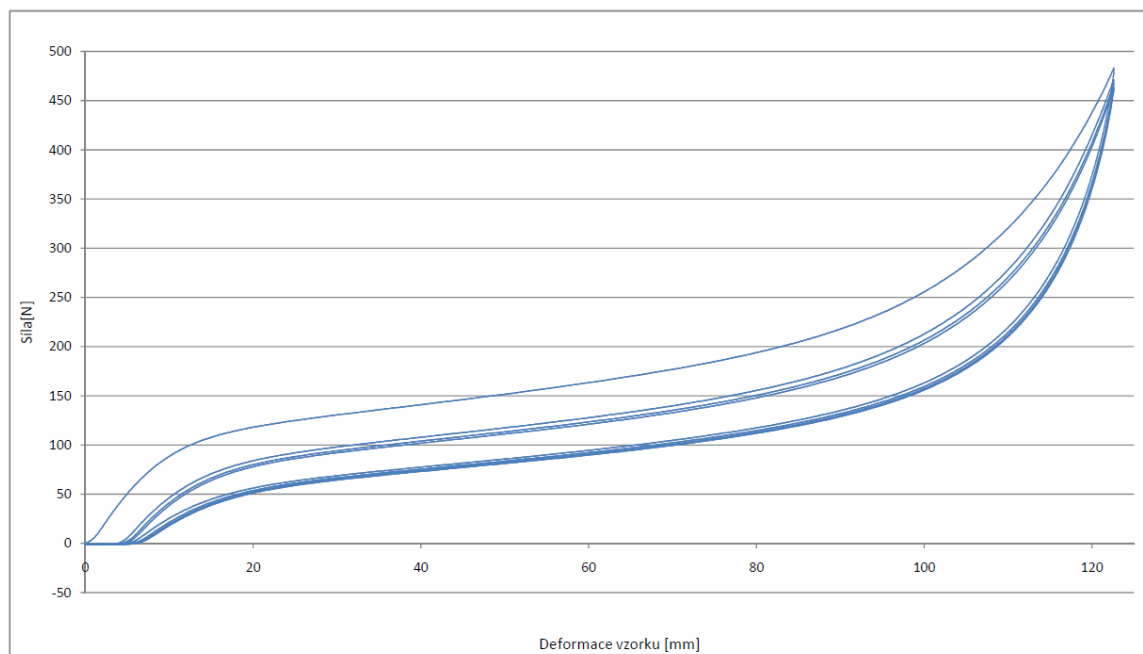
PŘÍLOHA Č. 5: DEFORMAČNÍ KŘIVKA STANOVENÍ TVRDOSTI VTLAČENÍM PRO VZOREK C

Příloha č. 1: Ergo Check - Diagramy naměřeného tlaku je možné zobrazit i ve 3D [18]

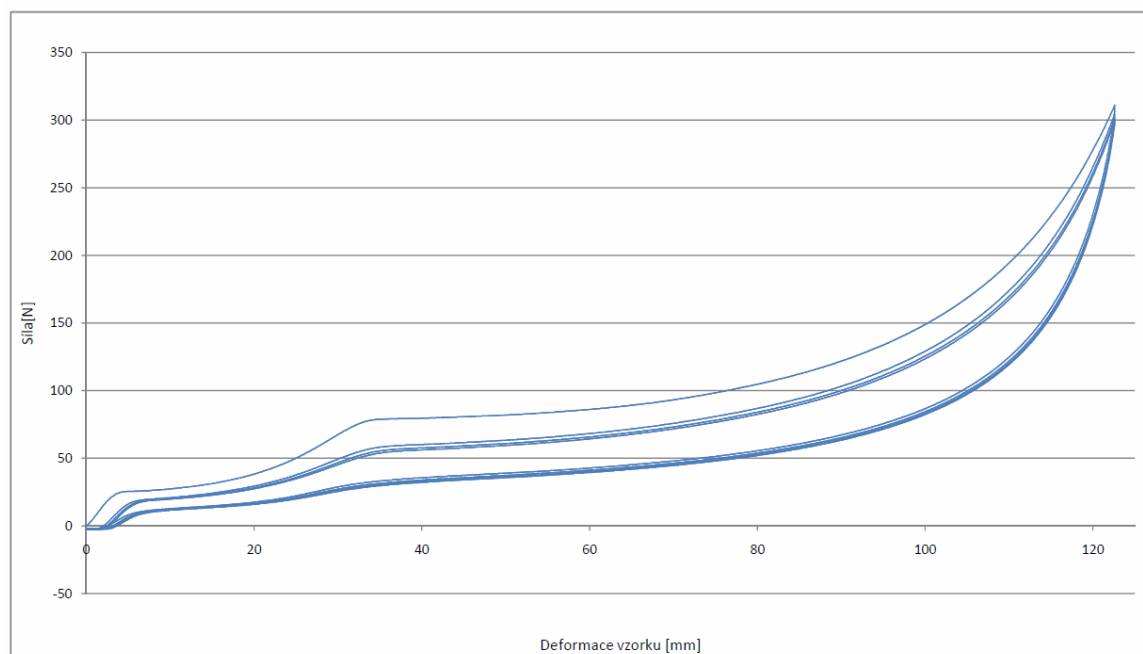


Příloha č. 2: Deformační křivka odporu proti stlačení pro vzorek A a B

Stlačení - vzorek A

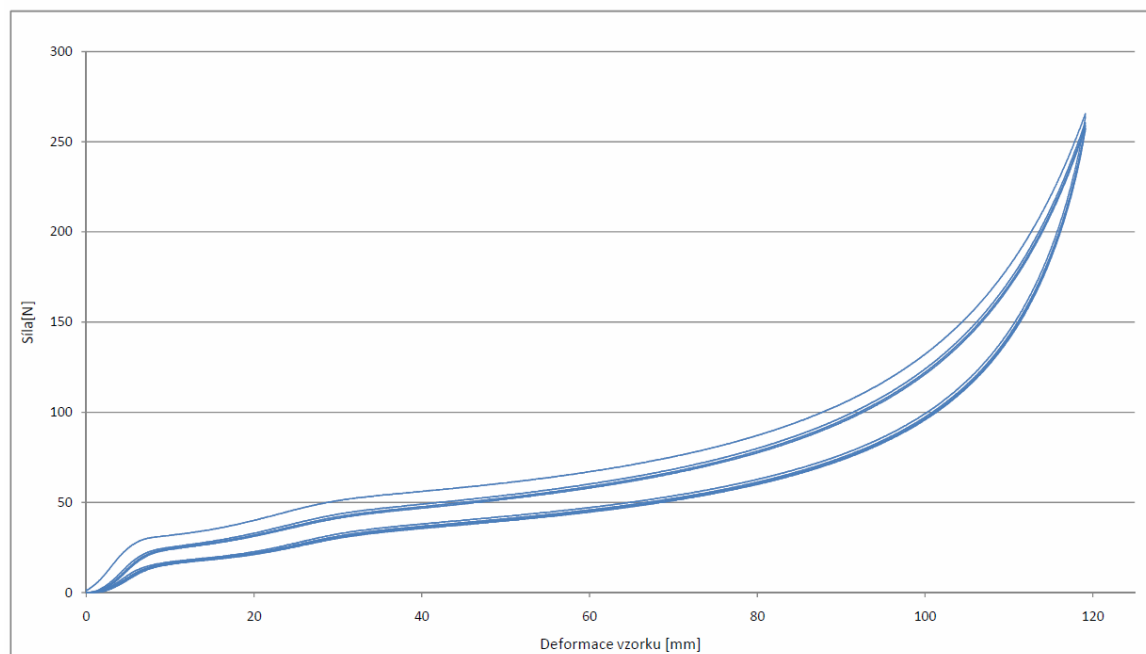


Stlačení - vzorek B



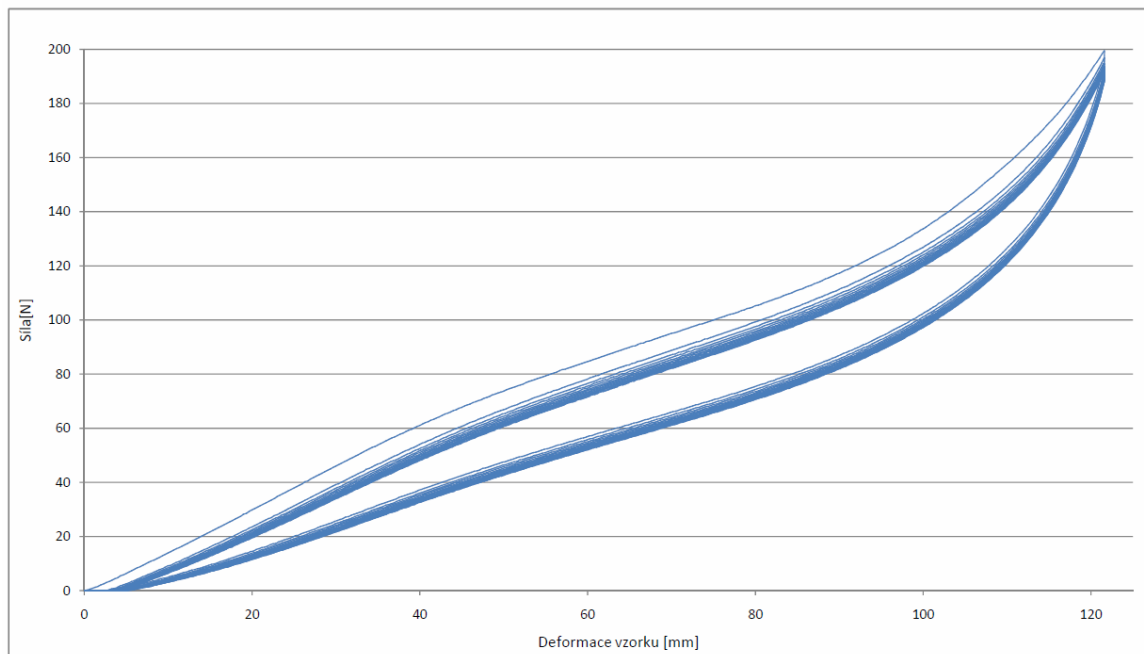
Příloha č. 3: Deformační křivka odporu proti stlačení pro vzorek C

Stlačení -vzorek C

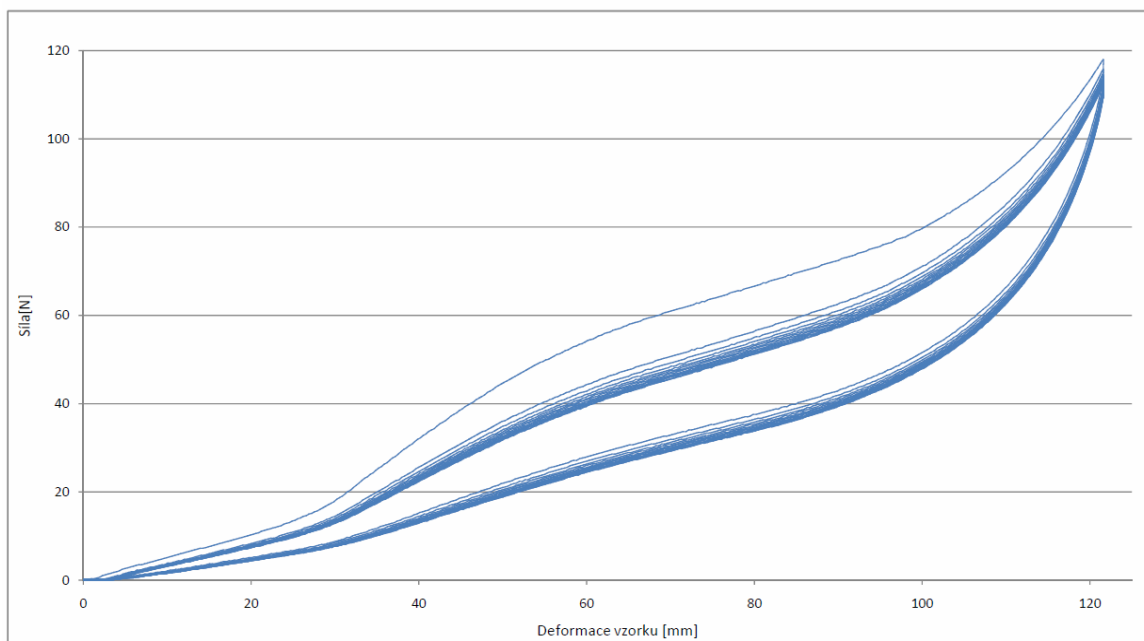


Příloha č. 4: Deformační křivka stanovení tvrdosti vtlačáním pro vzorek A a B

Vtlačení - vzorek A



Vtlačení - vzorek B



Příloha č. 5: Deformační křivka stanovení tvrdosti vtlačáním pro vzorek C

Vtlačení - vzorek C

